

Tema 5. ¿Cuántos? ¿Cuáles? Selección de la población de origen.

Restitución genética de poblaciones

Master Oficial en Técnicas de Caracterización y Conservación
de la Diversidad Genética

Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

Carlos Lara Romero

Grupo de Investigación del Cambio Global

Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA)

CSIC-UIB



Elementos de diseño

Programa de restitución:

1. **Comprender** en profundidad el funcionamiento de la especie, su rango ecológico y sus limitaciones.
2. Planteamiento de **objetivos** y medida del éxito
3. Diseño y ejecución del programa
 - Seleccionar adecuadamente el hábitat de destino. **¿Dónde?**
 - Introducir poblaciones que se asemejen a las poblaciones naturales viables en su tamaño y estructuración genética, etaria, espacial y sexual. **¿Cuántos? ¿Cuáles?**
 - Ejecución de la actuación **¿Cómo?**
Seguimiento.



¿Cuántos?

Objetivo: Maximizar el crecimiento de la población y evitar la extinción local

- Tamaño de la población:
 - Mínima Población Viable.
 - Tamaños de poblaciones naturales viables.
 - Cuanto más mejor
 - No debe afectar a la población fuente



¿Cuántos?

Refuerzo continuado:

- Puede ser necesario para completar el tamaño poblacional deseado.
- No se debe mantener de forma indefinida:
 - Reduce la fitness de la población nativa
 - Traslada maladaptación
 - Puede reducir la diversidad genética



¿Cuántos?

- *Narcissus cavanillesii*:
 - Toda la población
- *Cypripedium calceolus*:
 - 500 individuos (basado en poblaciones viables)
 - Todos los que se pueda propagar en un año
 - Campañas a lo largo de varios años



¿Cuáles?

- Viabilidad = f (reproducción, supervivencia).
- Evidencia empírica y de simulación: *mejores resultados con individuos adultos que con individuos recién nacidos o juveniles.*
- Mamíferos y aves: problemas de adaptación al medio natural.
- Recrear estructura de poblaciones naturales
 - liberaciones/plantaciones mixtas
 - liberaciones/plantaciones sucesivas

¿Cuáles?

Composición genética

- **Objetivo:** Poblaciones autosostenibles adaptadas al lugar que posean la diversidad genética necesaria para experimentar cambios evolutivos adaptativos.
- **Factores:**
 - Origen genético de los fundadores
 - Número efectivo de individuos



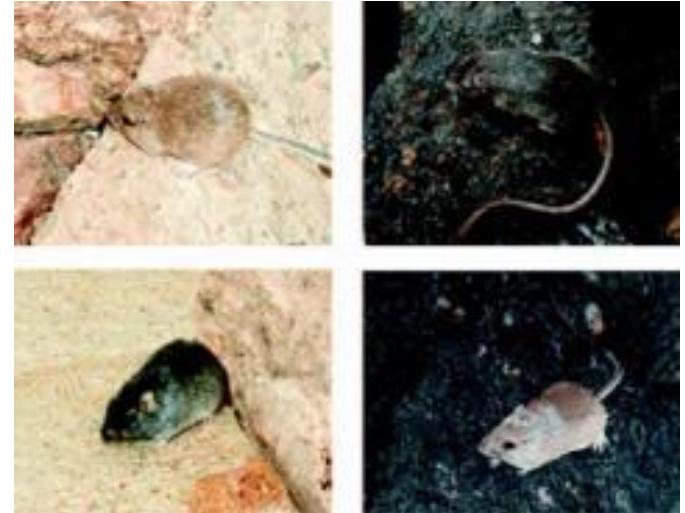
Origen genético de los fundadores

¿Cuáles?

- Población viable genéticamente más afín desde un punto de vista adaptativo:
 - Más cercana
 - Características ecológicas más próximas
 - Menor distancia genética
- Evitar material de origen desconocido.

Ej. Selección del color en rock pocket mice (*Chaetodipus intermedius*)

- Roedores granívoros del desierto
- Normalmente color claro
- Hábito nocturno
- Depredados por lechuzas
- Los que viven sobre roca de lava son melánicos.
- Población melánica con mutación en el gen receptor melanocortin-1.
- Otras poblaciones melánicas no poseen estas mutaciones (evolución convergente)
- Implicaciones en restitución





¿Cuáles?

Número de poblaciones fuente

Tradicionalmente:

- Una sola población siempre que ésta sea viable
- En general, no interesa mezcla de poblaciones salvo en casos extremos
 - Ruptura de complejos de genes de valor adaptativo
 - Depresión exogámica

Número de poblaciones fuente

Depresión exogámica: Reducción de eficacia biológica tras cruzamiento entre poblaciones diferenciadas genéticamente en la primera y/o sucesivas generaciones.

- Ibex en Checoslovaquia (1951) Reintroducción de ejemplares de Austria seguido de ejemplares de otra subespecie de Turquía.
- Tema controvertido en cuanto a su extensión y relevancia.





Número de poblaciones fuente

Depresión exogámica:

- Más frecuente cuando el cruzamiento tiene lugar entre poblaciones con elevada adaptación a condiciones locales y escasa dispersión.
- Más evidencias en plantas que en animales.
- No se mantiene durante muchas generaciones debido a la acción de la selección natural.



Número de poblaciones fuente

Paradigma emergente:

- Uso de múltiples fuentes: Equilibrio entre utilización de población más cercana y la introducción de proporciones decrecientes de genotipos más distantes que aportan diversidad genética.
- Predictive sourcing: utilización de modelos para la selección de poblaciones fuente con genotipos adaptados a las condiciones actuales o futuras de la localidad de destino.

Población *ex situ*

- Idealmente los fundadores se establecen directamente en la población de destino
- Cuando el número es escaso:
 - Propagación *ex situ*
 - Énfasis en el aumento de la población para evitar la pérdida de diversidad genética
 - Tamaño efectivo necesario (N_e): $475/L$
 - L : Tiempo de generación (tiempo medio en adquirir la madurez)
 - Especie anual: $N_e=475$

¿Cuáles?

Población *ex situ*

- Precaución con material criado/cultivado en condiciones *ex situ* durante varias generaciones:
- Deterioro por:
 - Pérdida de diversidad genética
 - Depresión endogámica
 - Acumulación de mutaciones deletéreas
 - Adaptación genética a la cautividad

¿Cuáles?

Población *ex situ*

- Vida en condiciones *ex situ* durante varias generaciones:
 - Desaparecen / cambian presiones selectivas por:
 - Depredadores
 - Parásitos
 - Enfermedades
 - Competencia
- Pérdida de fitness al devolverlos a la naturaleza

¿Cuáles?

Población *ex situ*

- Factores:
 - N^o generaciones en cautividad
 - Tiempo de generación
 - Diferencial de selección
 - Tamaños poblacionales elevados
- Alternativas:
 - Crioconservación

Número efectivo

¿Cuáles?

- Maximizar el nº de genotipos fundadores
- Población Mínima Viable genética o el mayor número de individuos razonablemente posible
- Estructura de edades equilibrada
- Estructura espacial
- Propagación clonal: Mantener nº similares de propágulos para cada fundador





Maximizar N_e/N

¿Cuáles?

- Recursos limitados
- Objetivo: maximizar N_e utilizando un mínimo de individuos.
- Igualar los tamaños de las familias
- Igualar la estructura sexual
- Igualar el tamaño de la población a lo largo de las generaciones
- Maximizar el tiempo de generación (L)

¿Cuáles?

Selección de individuos

- Saludables
- Alto potencial reproductivo
- Bajos coeficientes de endogamia
- Aportan diversidad genética a la población

¿Cuáles?

Cypripedium calceolus

- Criterios
 - Demográficos
 - Ecológicos
 - Geográficos
 - Genéticos



¿Cuáles?

Cypripedium calceolus

- Distribución actual

- Sallent (Sallent) 2353 individuos
- Pineta (Bielsa) 577 individuos
- Faja Tormosa (Bielsa) 183 individuos
- Ordesa (Torla) 8 individuos

¿Cuáles?

Cypripedium calceolus

Criterio demográfico

Población-núcleo	Tamaño (2001)
Sallent 1a	1968
Sallent 1b	158
Sallent 1c	72
Sallent 1d	155
Ordesa 2a	6
Ordesa 2b	2
Pineta 3a	413
Pineta 3b	154
Pineta 3c	7
Pineta 3d	3

¿Cuáles?

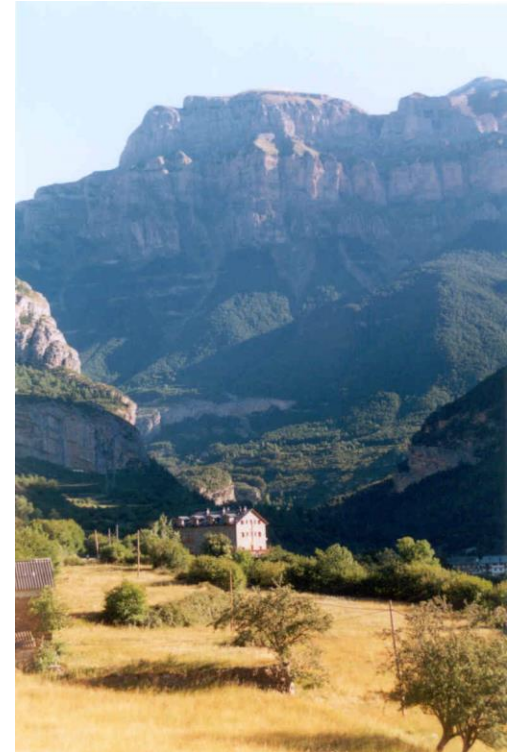
Cypripedium calceolus

Criterio demográfico

Población-núcleo	Tamaño (2001)
Sallent 1a	1968
Sallent 1b	158
Sallent 1c	72
Sallent 1d	155
Ordesa 2a	6
Ordesa 2b	2
Pineta 3a	413
Pineta 3b	154
Pineta 3c	7
Pineta 3d	3

Criterio ecológico

- Sallent de Gállego
 - Sustrato calizo
 - Suelos coluviales desarrollados
 - Laderas de fuerte pendiente
 - Orientación Norte
 - Hayedo - pastizal
 - Altitud 1460-1625 m



Criterio ecológico

○ Pineta

- Depósitos aluviales de fondo de valle
- Capa freática superficial
- Bosque mixto de ribera, fondo de barranco y piso altimontano
- Altitud 1200-1250 m





Criterio ecológico

¿Cuáles?

- Valle de Ordesa
 - Más parecido a Sallent de Gállego
 - Hayedo, caliza, pendiente



Criterio geográfico

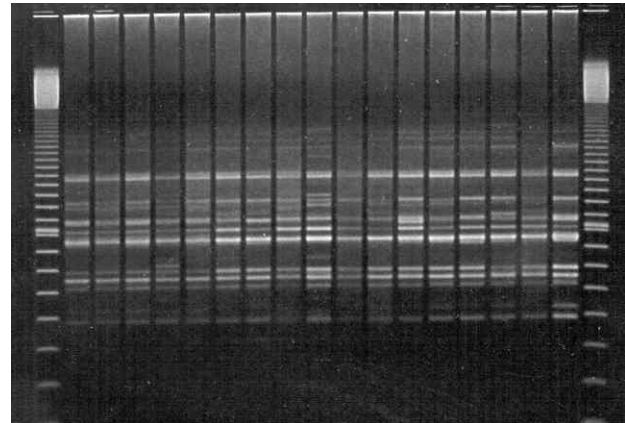
¿Cuáles?

- Línea recta
 - Ordesa - Pineta: 12 km
 - Ordesa - Sallent: 27 km
- Por carretera
 - Ordesa - Pineta: 72 km
 - Ordesa - Sallent: 43 km

Criterio genético

¿Cuáles?

- Marcadores moleculares basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)
- ISSR (Inter Simple Sequence Repeat)
 - Sallent (50)
 - Pineta (50)
 - Ordesa (5)
 - Faja Tormosa (50)





Criterio genético

¿Cuáles?

- 28 bandas polimórficas
- Porcentaje de bandas polimórficas
 - 51% Pineta
 - 38% Sallent
 - 28% Ordesa
 - 16% Faja Tormosa



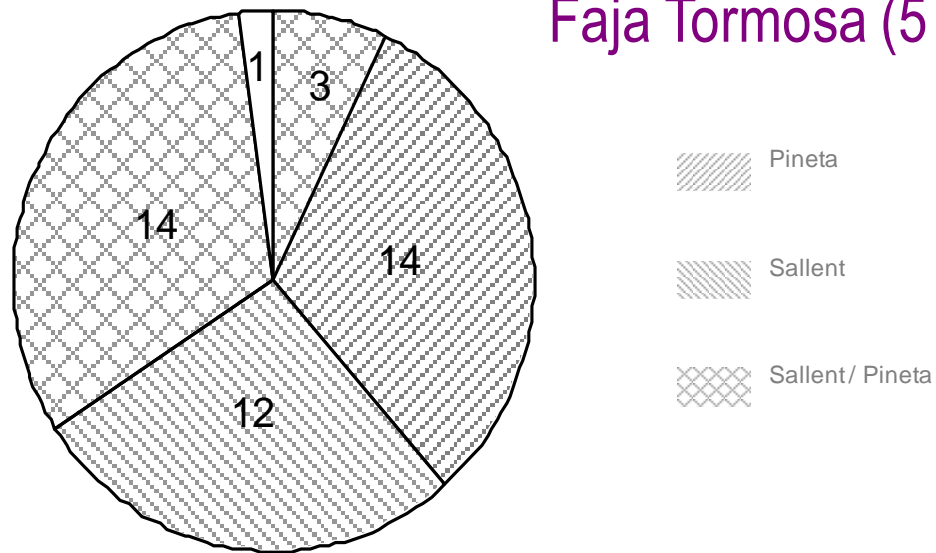
Criterio genético

¿Cuáles?

- Análisis Molecular de Varianza (AMOVA)
 - 78,5% dentro de poblaciones
 - 21,5% entre poblaciones

Criterio genético

¿Cuáles?





Criterio genético

¿Cuáles?

- Escasa diversidad genética en las poblaciones del PNOMP
- Baja diferenciación genética entre poblaciones
- Tanto Sallent como Pineta son opciones válidas

Restoration gene pool concept

(Jones, 2003; Jones & Monaco, 2007)

Gene Pool	Ecosistema	Lugar	Taxón	Ident. Genet.	Adapt. Ecol.	Var. Genet.
1A	Igual	Igual	Igual	Muy alta	Alta	Baja
1B	Igual	Múltiple similar	Igual	Muy alta	Alta	Moderada
1C	Igual	Diferente	Igual	Alta	Alta	Baja
2A	Diferente	Diferente	Igual	Baja	Moderada	Baja
2B	Diferente	Diferente (varios orig)	Igual	Moderada	Moderada	Alta
3 (híbrido)	Diferente	Diferente	Cercano	Muy baja	?	Alta
4A (nativo)	Diferente	Diferente	Lejano	Diferente	Muy alta	Variable
4B (introd)	Diferente	Diferente	Lejano	Diferente	Muy alta	Variable